

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-225101

(43)Date of publication of application : 17.08.1999

(51)Int.Cl.

H04B 7/08

H01Q 3/26

H03M 13/12

H04B 1/10

(21)Application number : 10-025479

(71)Applicant : YRP IDOU TSUSHIN KIBAN GIJUTSU  
KENKYUSHO:KK  
FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 06.02.1998

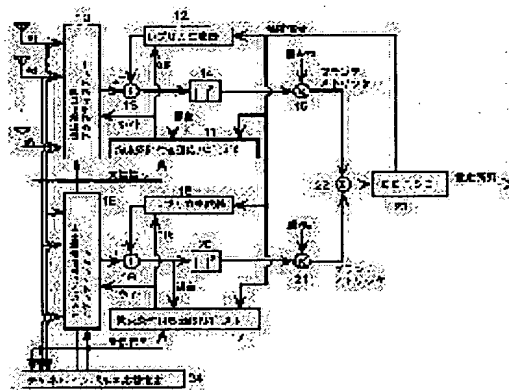
(72)Inventor : FUJII MASAOKI

## (54) RECEPTION METHOD AND RECEIVER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a characteristic improvement method for a path diversity reception method and its system in the case that lots of incoming waves arrive.

SOLUTION: A steering vector array 16 that uses an estimated impulse response of a desired wave for a bind vector is controlled with array output replica generators 12, 18 based on an object signal and the estimated channel impulse response. In this case, a delay wave number to be suppressed by controlling and receiving a delay wave not being a desired wave as an object signal so as to reduce the number of delay waves to be suppressed. Then an estimated quality SINR of an array output is improved and the received undesired delay wave components are cancelled by metric calculation through feedback of discrimination data in the Viterbi algorithm to improve the reception quality without increasing the state number of the Viterbi algorithm.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.02.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2862083

[Date of registration]

11.12.1998

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-225101

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 7/08

H 0 4 B 7/08

D

H 0 1 Q 3/26

H 0 1 Q 3/26

C

H 0 3 M 13/12

H 0 3 M 13/12

H 0 4 B 1/10

H 0 4 B 1/10

L

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-25479

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月6日

(71) 出願人 395022546

株式会社ワイ・アール・ビー移動通信基盤  
技術研究所

神奈川県横須賀市光の丘3番4号

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

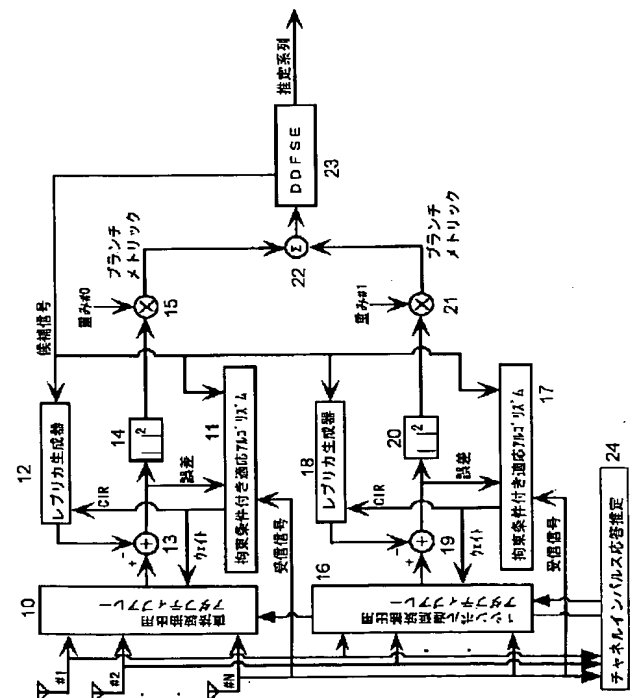
(72) 発明者 藤井 正明

神奈川県横須賀市光の丘3番4号 株式会  
社ワイ・アール・ビー移動通信基盤技術研  
究所内

(74) 復代理人 弁理士 久保田 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 受信方法および受信装置

(57) 【要約】

【課題】 到来波数が多い場合におけるパスダイバーシ  
チ受信方式の特性改善方法および装置を提供すること。【解決手段】 希望波の推定インパルス応答を拘束ベク  
タとするステアリングベクタアレーを、候補信号と推定  
チャネルインパルス応答からアレー出力レプリカ生成器  
と共に制御する際に、希望波でない遅延波も候補信号と  
して制御して取り込むことにより抑圧すべき遅延波数を  
減少させてアレー出力SINRを改善し、その取り込んだ不  
要遅延波成分についてはビタビアルゴリズムの中で判定  
データを帰還してメトリック計算によりキャンセルする  
ことによりビタビアルゴリズムの状態数を増加させるこ  
となく受信品質を向上させる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アダプティブアレーアンテナ処理と最尤系列推定処理を結合した受信方法において、希望波の推定チャネルインパルス応答を拘束ベクタとするステアリングベクタアレーを、候補信号と推定チャネルインパルス応答からレプリカを生成するアレー出力レプリカ生成器と共に制御する際に、希望波としない遅延波も候補信号として制御して取り込み、その不要遅延波成分については最尤復号器において判定データを帰還してメトリック計算によりキャンセルすることを特徴とする受信方法。

【請求項 2】 下記の (1) から (5) の工程を含む、アダプティブアレーアンテナ処理と判定帰還形最尤系列推定処理を結合した受信方法。

(1) アンテナからの受信信号について希望波のチャネルインパルス応答の推定を行う工程。

(2) 希望波のインパルス応答をアレー出力における希望波成分の応答を決定する拘束ベクトルとし、希望波としない遅延波も取り込むように、アレーウェイトと最尤系列推定器のチャネルインパルス応答を同時に制御かつ推定する工程。

(3) 候補信号に対して希望波抽出用のアレーの出力と最尤系列推定器からのレプリカとの誤差を計算する工程。

(4) 判定帰還型の最尤系列推定器を用いて送信信号系列の推定を行う工程。

(5) 最尤系列推定器の各状態毎の生き残りパスに応じてアレーウェイトと最尤系列推定器におけるチャネルインパルス応答を同時に更新する工程。

【請求項 3】 下記の (1) から (5) の工程を含む、アダプティブアレーアンテナ処理と判定帰還形最尤系列推定処理を結合した受信方法。

(1) アンテナからの受信信号について直接波および遅延波のチャネルインパルス応答の推定を行う工程。

(2) 直接波および遅延波のインパルス応答をアレー出力における直接波および遅延波成分の応答を決定する拘束ベクトルとし、希望波としない遅延波も取り込むように、アレーウェイトと最尤系列推定器のチャネルインパルス応答を同時に制御かつ推定する工程。

(3) 候補信号に対して直接波抽出用アレーおよび遅延波抽出用のアレーの出力と最尤系列推定器からのレプリカとの誤差を計算する工程。

(4) 品質情報に基づき誤差情報であるブランチメトリックに重み付けをした合成を行って、判定帰還型の最尤系列推定器を用いて送信信号系列の推定を行う工程。

(5) 最尤系列推定器の各状態毎の生き残りパスに応じてアレーウェイトと最尤系列推定器におけるチャネルインパルス応答を同時に更新する工程。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の受信方法を実行する受信手段を備えたことを特徴とする受信

装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、受信方法および受信装置に関し、特に、ディジタル移動通信や無線LANにおいて問題となるマルチパス対策技術に関し、周波数選択性フェージングを克服することができる受信方法および受信装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、マルチパス対策技術としてアダプティブアレーアンテナとビタビアルゴリズムを組み合わせたパスダイバーシチ受信方式が提案されている。図 9 は、本発明者が学会 (1997 IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications, 12-16 October 1997) において発表した従来例の信号処理内容を示す機能ブロック図である。

【0003】この技術は、直接波抽出用のステアリングベクタアレーウェイトを計算する際に直接波だけでなく 1 シンボル遅延波に対する候補信号も用意し、また、1 シンボル遅延波抽出用のステアリングベクタアレーウェイトを計算する際に 1 シンボル遅延波だけでなく直接波に対する候補信号も用意することにより、他の希望波に対して指向性のナル点を形成せずに希望波成分を取り込み、複数のアレー出力を最尤系列推定器 (Maximum Likelihood Sequence Estimation: 以下 MLSE と記す) においてブランチメトリック合成を行って送信信号系列の推定を行うものである。なお、MLSE については、例えば「ディジタル移動通信のための波形等化技術」1996 年 6 月トリック発行、77-100 ページに記載されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来のパスダイバーシチ受信方式において、直接波から数シンボル遅延までの遅延波を考慮すると、ビタビアルゴリズムの状態数が増加し、計算量が指数関数的に増加してしまうという問題点があり、希望波は直接波と 1 シンボル遅延波程度に限られていた。また、到来する遅延波数が増加するとアレー自由度の不足により BER (ビットエラーレート) 特性が劣化するという問題点もあった。この発明の目的は、前記した従来技術の問題点を解決し、遅延波数が多い場合においても品質が劣化しない受信方法および受信装置を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明においては、上記の課題を解決するため、MLSE のかわりに遅延判定帰還型最尤復号法 (以下、DDFSE (Delayed Decision Feedback Sequence Estimation) と記す。) を使用する。DDFSE は MLSE に判定帰還の概念を導入して演算量削減を図る方式である。本発明においては、DDFSE を用いることにより、長大遅延波をアレー処理で抑圧し、中遅延程度の遅延波については DDFSE の判定データ帰還によるメトリック

ク修正によりキャンセルし、短い遅延波を用いてDDFSEにより送信データ系列を推定する。従って、本発明によれば計算量が若干増加するが誤り率を改善する受信方式が実現できる。

#### 【0006】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。図6は、本発明の受信装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。アダプティブアレーアンテナ1には、例えば、4素子から8素子程度のリニアアレーアンテナや平面アレーアンテナ等が使用され、線形復調器2は、例えば受信信号を増幅し、周波数変換し、直交検波して、ベースバンドまでダウンコンバートする。A/D変換器3は、受信ベースバンド信号をA/D変換する。信号処理部4は、例えばDSP（デジタルシグナルプロセッサ）等により構成され、後述するような、本発明に関するアダプティブアレーアンテナ処理および判定帰還形最尤系列推定器に関する処理を実行する。

【0007】図1は、図6の信号処理部4における本発明の信号処理機能を示す機能ブロック図である。また、図2は、各アンテナにおいて受信される直接波および遅延波の電力例を示す説明図である。実施例においては図2に示すように、直接波と1シンボル遅延波を希望波とし、2シンボル遅延波をビタビアルゴリズムにおいて判定データ帰還によりキャンセルし、3シンボル遅延波と4シンボル遅延波をアレー処理で抑圧する例について説明するが、希望波数、キャンセルする波数、アレーで抑圧する波数等は任意である。なお、実施例における信号型式としては、伝送すべきデータ部の前に既知のトレーニング信号が付加されており、TDMA方式で伝送されるものとする。

【0008】チャネルインパルス応答推定部24は、トレーニング期間において、全てのアンテナからの受信信号を用いて、各ブランチ毎に直接波と1シンボル遅延波のチャネルインパルス応答の推定を行う。直接波抽出用アレー処理部は、直接波抽出用ステアリングベクタアレー10および拘束条件付き適用アルゴリズム11からなり、各アレーアンテナの復調信号から直接波を抽出するように動作する。アダプティブアンテナの制御法としては種々の指導原理が公知であるが、フィードバックタイプが一般的であり、アレー出力と参照信号との平均2乗誤差が最小となるように適応アルゴリズムを用いてアレーウェイトを制御すると、指向性のナル点が遅延波の到来方向に向き、遅延波が抑圧される。アダプティブアンテナは遅延時間の長い遅延波に対して抑圧効果が高いという特徴がある。

【0009】アダプティブアンテナに用いられるウェイト決定アルゴリズムとしては、LMS(Least Mean Square)アダプティブアレー、RLS(Recursive Least Squares)アダプティブアレーやSMI(Sample Matrix Inversion)ア

レー等がある。なお、このようなアダプティブアンテナ信号処理方式は、例えば、鷹尾和昭：“アダプティブアンテナ理論体系”，信学論(B-II)，Vol. J75-B-II，No. 11，pp. 713-720（1992年11月発行）、小川恭孝、菊間信良：“アダプティブアンテナ理論の進展と今後の展望”，信学論(B-II)，Vol. J75-B-II，No. 11，pp. 721-732（1992年11月発行）あるいは、「デジタル移動通信のための波形等化技術」1996年6月トリックス発行、101-116ページに記載されているように周知である。

【0010】拘束条件付き適用アルゴリズム11としては、簡易なLMSアルゴリズム、収束特性の優れるRLSアルゴリズム等が使用でき、アレー出力と参照信号との誤差からアダプティブアレーのウェイトを制御する。

【0011】1シンボル遅延波抽出用アレー処理部は、直接波抽出用アレー処理部と同様に1シンボル遅延波抽出用ステアリングベクタアレー16および拘束条件付き適用アルゴリズム17からなる。アルゴリズム17はアルゴリズム11と同じものであり、各アレーアンテナの復調信号から1シンボル遅延波を抽出するように動作する。

【0012】図3は、アレー処理部における動作を示す説明図である。直接波抽出用アレー10の出力には3、4シンボル遅延波を抑圧して直接波と1、2シンボル遅延波成分が出力される。また、1シンボル遅延波抽出用アレーにも3、4シンボル遅延波を抑圧して1シンボル遅延波と直接波成分および2シンボル遅延波成分が出力される。なお、図3において実線は直接波抽出用アレーの指向特性、点線は1シンボル遅延波抽出用アレーの指向特性を示している。アレーアンテナにおいては、信号を抑圧するために設定可能な独立したナル点の最大値は（アンテナ素子数-1）個に制限される。即ちアンテナ素子数が4であれば抑圧可能な遅延波数は3となるが、本発明においてはアレー処理部において抑圧すべき遅延波数が減少するので、遅延波数が増大した場合にも抑圧すべき遅延波をより確実に抑圧可能となる。

【0013】アレー処理とDDFSEの結合処理部は、アレー出力推定器であるレプリカ生成器12、18およびDDFSE 23等からなる。レプリカ生成器12、18は、トランスバーサルフィルタ等を使用して、求められたチャネルインパルス応答(CIR)と既知のトレーニング信号あるいは候補信号を畳み込んで希望波に対する参照信号あるいはレプリカを生成する。

【0014】加算器13、19はアレー10、16の出力からレプリカ生成器12、18の出力を減算し、誤差信号を出力する。該誤差信号は拘束条件付き適用アルゴリズム11、17にそれぞれ入力されると共に、絶対値2乗計算器14、20に入力される。絶対値2乗計算器14、20の出力信号は乗算器15、21にそれぞれ入力され、後述する重み係数#0、#1がそれぞれ乗算され、それぞれのアレーにおけるブランチメトリックとし

10

20

30

40

50

て出力される。加算器22はそれぞれの乗算器の出力信号を加算し、DDFSE23に出力する。DDFSE23は、合成されたブランチメトリックに基づいて受信信号系列を推定し、該系列および候補信号を出力する。

【0015】DDFSEとは、符号間干渉を受ける区間 $0 \sim L$ （例えば $0 \sim 2$ ）を $0 \sim L'$ （ $0 \sim 1$ ）と $L'+1 \sim L$ （2）の2つの区間に分け、 $0 \sim L'$ の符号間干渉は最尤系列推定ビタビアルゴリズムにより補償し、 $L'+1 \sim L$ の符号間干渉は判定帰還することにより補償する方式である。即ち、 $L'+1 \sim L$ の区間においてはすでに過去のビタビアルゴリズム処理によって確定している各状態ごとの生き残りパスのみを考慮し、その他のパスは無視する。このことにより、ビタビアルゴリズムの状態数を $M$ の $L$ 乗から $M$ の $L'$ 乗に減らすことができ、ビタビ等化器における演算量を減らすことができる。

【0016】なお、DDFSEの詳細は例えば、A. Duel and C. Heegard: "Delayed decision feedback sequence estimation", IEEE Trans. Commun. 37, 5, pp. 428-436 (May 1989)、あるいは、岡田他「内挿型伝搬路推定法を用いたDDFSE等化器の周波数選択制フェージング補償特性」電子情報通信学会論文誌Vol. J-73-B-II, No. 11, pp. 727-735 (1990年11月)に開示されている。

【0017】図5は、レプリカ生成器の動作を示す説明図である。DDFSE部では直接波と1シンボル遅延波に対する候補信号を発生し、また、2シンボル遅延波に対する候補信号としては生き残りパス情報を採用する。アレー出力レプリカ生成器12、18は、例えばトランスバーサルフィルタにより構成され、直接波および1、2シンボル遅延波に相当する候補信号とそれぞれの推定チャネルインパルス応答（ $h^0(k) \sim h^2(k)$ ）とを畳み込んで、各アレー出力に対するレプリカをそれぞれ生成する。

【0018】次に、トレーニング期間における動作を説明する。トレーニング期間においては、アレーウェイト、伝送路のインパルス応答、重み係数が決定される。まず、全てのアンテナからの受信信号を用いて、各ブランチ毎に直接波と1、2シンボル遅延波のチャネルインパルス応答の推定を行う。次に、直接波のインパルス応答をアレー出力における直接波成分の応答を決定する拘束ベクトルとしてアレーウェイトと最尤系列推定器のチャネルインパルス応答を拘束条件付き最小2乗法により同時に制御かつ推定する。また、同様の操作を1シンボル遅延波についても同様に行う。即ち、1シンボル遅延波の応答を拘束して1シンボル遅延波を抽出する。このときアレー出力応答は直接波と1シンボル遅延波だけでなく2シンボル遅延波についても行う。

【0019】従って、図2に示すように、直接波の推定チャネルインパルス応答を拘束ベクトルとして制御したアレーでは、3シンボル遅延波と4シンボル遅延波を抑圧して、直接波と1シンボル遅延波成分と2シンボル遅延

波成分を出力し、同様に、1シンボル遅延波の推定チャネルインパルス応答を拘束ベクトルとして制御したアレーは、3シンボル遅延波と4シンボル遅延波を抑圧して、1シンボル遅延波と直接波成分と2シンボル遅延波成分を出力する。更に、得られたアレーウェイトと出力応答を用いてトレーニング区間での受信信号を再び用いて誤差信号から累積誤差電力を計算し、トレーニング終了時に累積シンボル数で正規化（除算）して平均誤差電力を求める。そして、チャネルインパルス応答ベクトルのパワーを計算して、平均誤差電力で除算することにより、アレー出力信号の品質を推定する。この操作を1シンボル遅延波抽出用アレーについても同様に行う。この各パスダイバーシチブランチの推定品質（SINR）を用いて、直接波抽出用アレー出力信号と1シンボル遅延波抽出用アレー出力信号の品質に比例した重み係数#0、#1を求める。

【0020】データ区間では、図5に示すように、直接波、1シンボル遅延波及び2シンボル遅延波からなる候補信号とアレー出力応答とからアレー出力レプリカを生成する。このとき2シンボル遅延波に対する候補信号はビタビアルゴリズムにおける生き残りパスを用いる。従ってビタビアルゴリズムの状態数は増加しない。次に、各アレー出力と各レプリカとの誤差を計算する。そして、これらの誤差の絶対値2乗を計算して、トレーニング区間において計算したパスダイバーシチ合成係数を用いて重み付けを行い、ブランチメトリック合成を行う。図4は、ブランチメトリック合成処理を示す機能ブロック図である。その後、ビタビアルゴリズムを用いて送信信号系列の推定を行う。

【0021】図8は、実施例の構成を示す機能ブロック図である。ここで適応アルゴリズムとしては単拘束LMSアルゴリズムや単拘束SMIアルゴリズムなどを用いることができる。図7は、計算機シミュレーションによる実施例の特性改善例を示すグラフである。縦軸はビット誤り率、横軸は1ビット当たりの受信信号電力対雑音電力比である。条件は変調方式が4相QPSK、復調方式は準同期検波としている。アルゴリズムはトレーニング期間で単拘束SMIアルゴリズムを用いてアレーウェイトとアレー出力応答を求める。トレーニング期間の後尾16シンボルを用いて平均誤差電力を計算し、パスダイバーシチ合成用重み係数を求めてデータ区間で用いる。

【0022】また、DDFSE部では、アレー出力信号に対する直接波成分、1シンボル遅延波成分と2シンボル遅延波成分から成るレプリカを生成するが、レプリカ生成のタップはシンボル間隔の3タップとする。候補信号は直接波と1シンボル遅延波について発生させ、2シンボル遅延波に対する候補信号についてはビタビアルゴリズムの生き残りパスを用いるため、ビタビアルゴリズム状態数は4状態となる。また、アンテナ本数は4本としている。到来波の条件は5波とし、各波の遅延時間は0、

10

20

30

40

50

1シンボル、2シンボル、3シンボル、4シンボルとしており、各到来波のフェージングは各アンテナで独立であるとしている。

【0023】以上、実施例を開示したが、更に以下に述べるような変形例も考えられる。実施例としては、アレー処理において直接波および遅延波をそれぞれ取り込んでブランチメトリックの合成を行う例を開示したが、本発明の実施においてはブランチメトリック合成処理は必須の構成要件ではなく、例えば直接波抽出用のアレーのみを備え、誤差をブランチメトリックとしてDDFSE処理

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、アレー出力応答のベクタサイズが大きくなるため演算量が増加するが、DDFSEでキャンセルされる到来波についてはアレーで抑圧する必要がないため、希望波成分をより高いSINR比で取り込むことができ、さらにBER特性を改善することができるという効果がある。従って、伝送品質向上に寄与するところが多い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の信号処理機能を示す機能ブロック図で

ある。

【図2】受信される直接波および遅延波の電力例を示す説明図である。

【図3】アレー処理部における動作を示す説明図である。

【図4】ブランチメトリック合成処理を示す機能ブロック図である。

【図5】レプリカ生成器の動作を示す説明図である。

【図6】本発明の受信装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図7】実施例の特性改善例を示すグラフである。

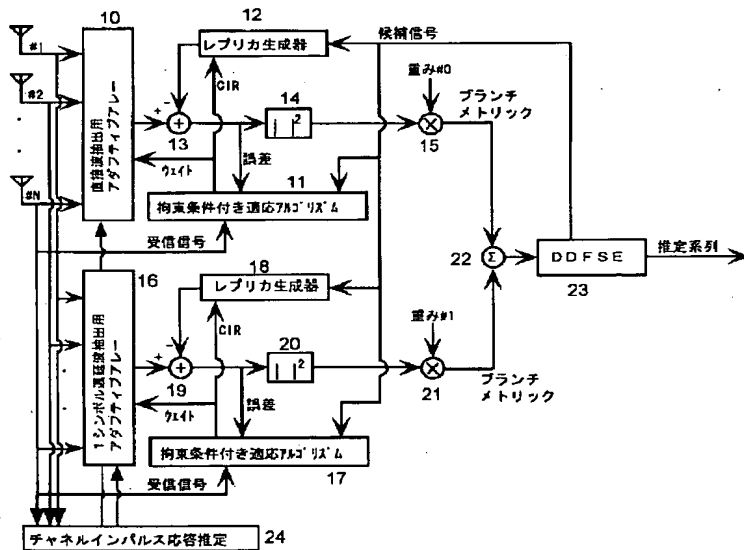
【図8】実施例の構成を示す機能ブロック図である。

【図9】従来例の信号処理内容を示す機能ブロック図である。

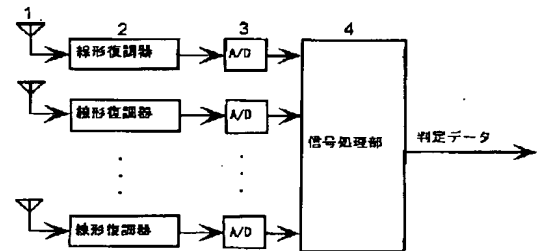
【符号の説明】

1…アレーアンテナ、2…線形復調器、3…A/D変換器、4…信号処理部、10、16…アダプティブアレー処理部、11、17…適応アルゴリズム、12、18…レプリカ生成器、13、19…加算器、14、20…絶対値2乗計算器、15、21…乗算器、22…加算器、23…DDFSE

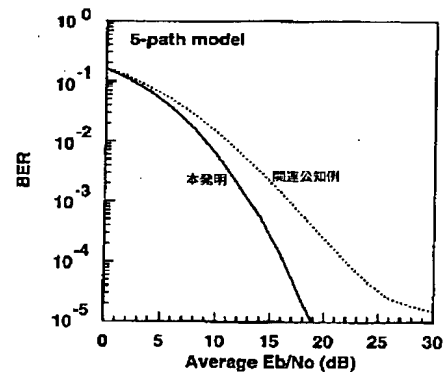
【図1】



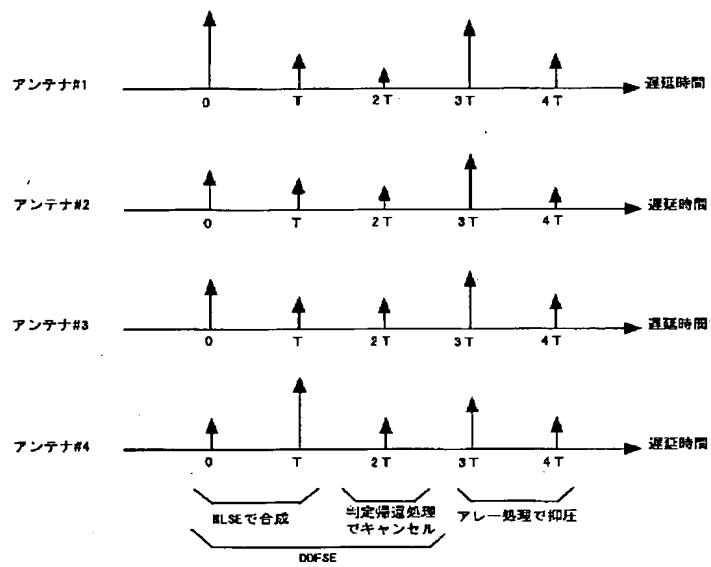
【図6】



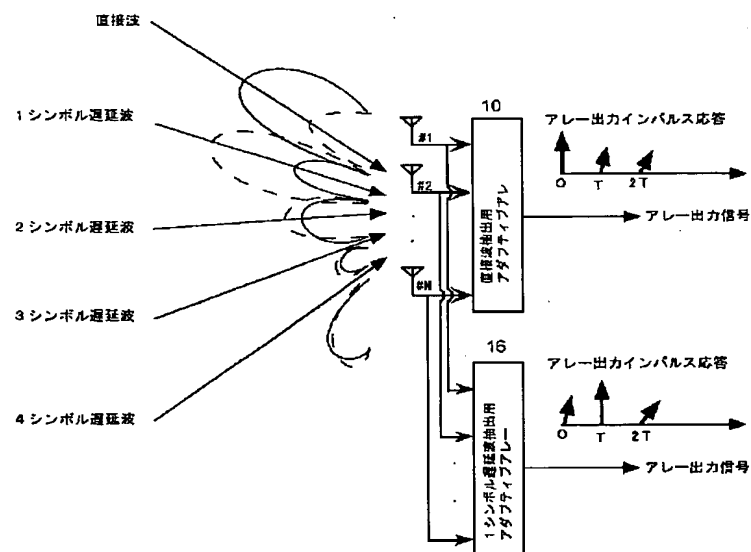
【図7】



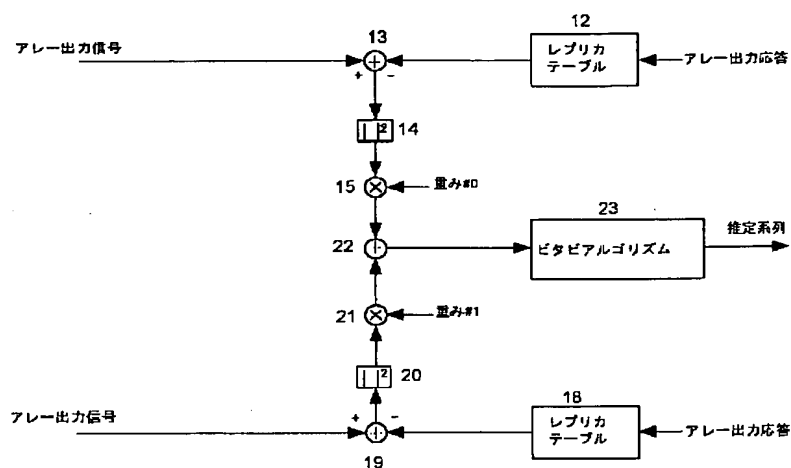
【図2】



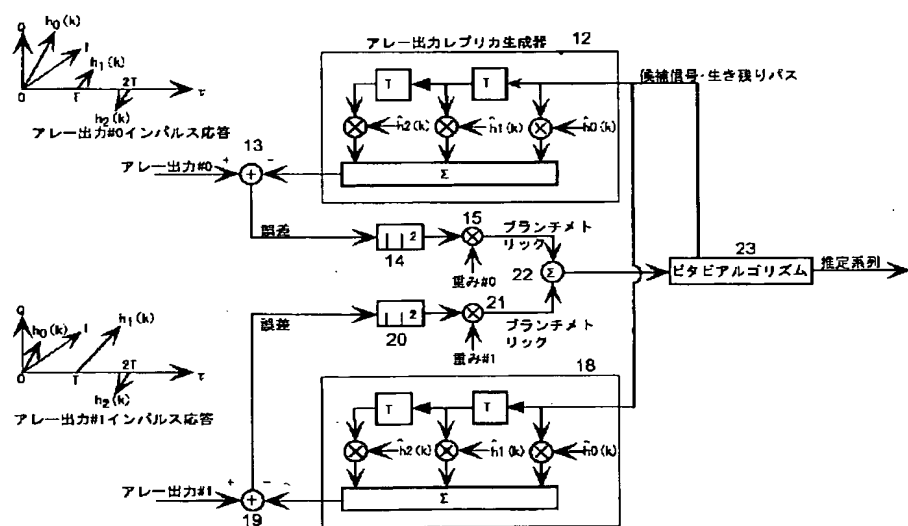
【図3】



【図4】

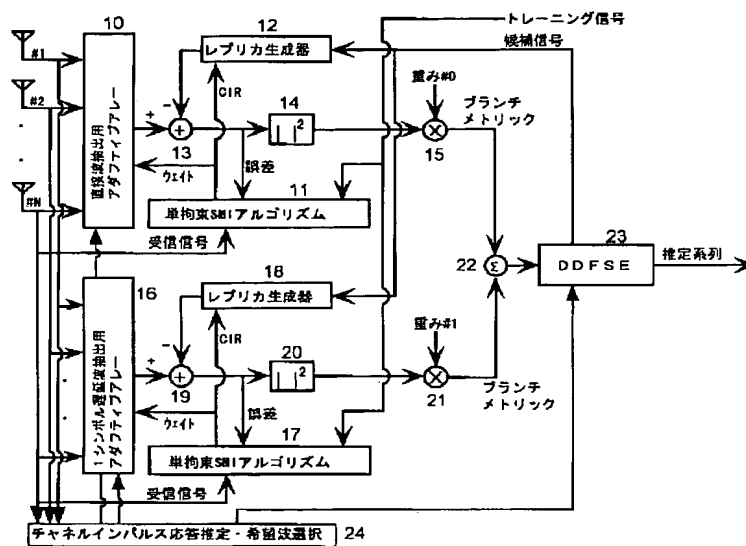


【図5】

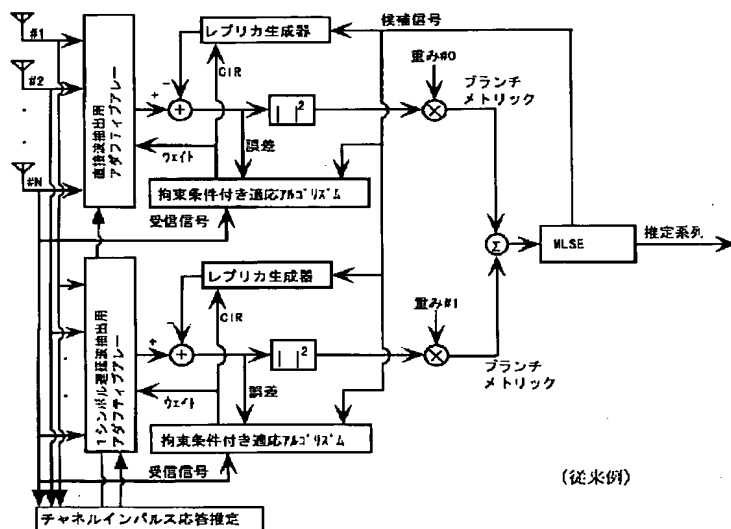




【図8】



【図9】



(従来例)